

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 11064657
 PUBLICATION DATE : 05-03-99

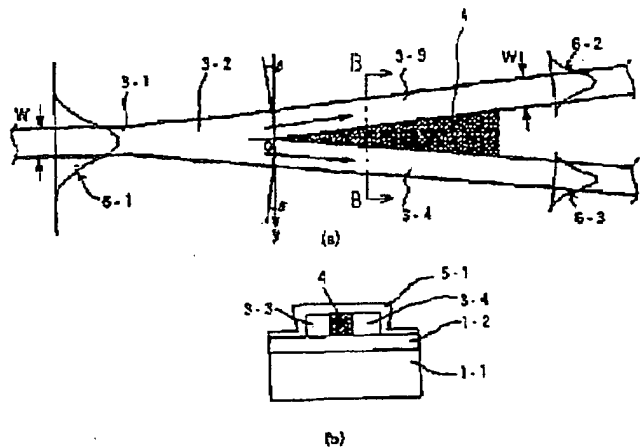
APPLICATION DATE : 25-08-97
 APPLICATION NUMBER : 09228215

APPLICANT : HITACHI CABLE LTD;

INVENTOR : OHIRA KENTARO;

INT.CL. : G02B 6/122 G02B 6/13

TITLE : BRANCHING WAVEGUIDE AND
 PRODUCTION THEREFOR



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To sharply reduce the radiant loss of a branching part and to make a branching angle large by providing a hermetically sealed gap in between two lines of proximity cores.

SOLUTION: An input waveguide core 3-1, two lines of proximity output waveguide cores 3-3, 3-4 or the like are formed on an SiO_2 lower side clad layer 1-2 being on an Si substrate 1-1. However these are covered with an SiO_2 upper side clad film 5-1, a hermetically sealed gap (oblique line part) 4 is formed at a part in which the output waveguide core 3-3 and the output waveguide core 3-4 are in close proximity to each other. Here, since the refractive index of the hermetically sealed gap 4 is roughly equal to 1, the difference of refractive indexes between proximity output waveguide cores 3-3, 3-4 at the boundary between them becomes larger than the difference of refractive indexes between the cores and the clad. Thus, the guide mode 6-1 being in the input waveguide core 3-1 is converted into guide modes 6-2, 6-3 being in the output waveguide cores 3-3, 3-4 with low losses by enhancements of light confining effects into the cores.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-64657

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月5日

(51) Int.Cl.⁵

G 0 2 B 6/122
6/13

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

D

M

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-228215

(22) 出願日 平成9年(1997) 8月25日

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

(72) 発明者 桧村 誠一

茨城県上浦市木田余町3550番地 日立電線

株式会社アドバンスリサーチセンタ内

(72) 発明者 本郷 晃史

茨城県上浦市木田余町3550番地 日立電線

株式会社アドバンスリサーチセンタ内

(72) 発明者 大久保 博行

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線

株式会社アドバンスリサーチセンタ内

(74) 代理人 弁理士 網谷 信雄

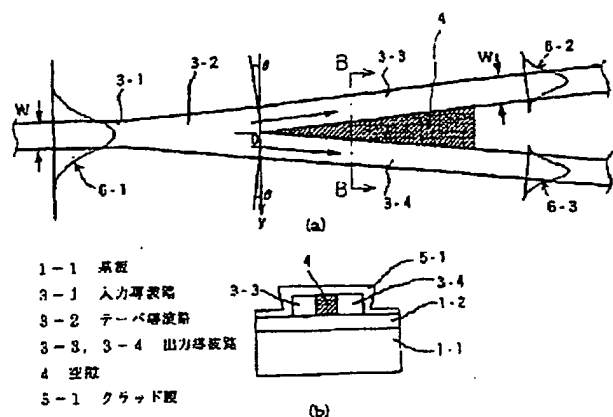
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分岐導波路及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 低損失な分岐導波路及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 分岐を有する導波路の分岐部に屈折率が略1の密閉された空隙4を設けることにより、空隙4がクラッド膜5-1として機能し、導波路コアと空隙4との間の屈折率差が大きくなり、光の閉じ込め効果が向上し、低損失な分岐導波路が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 低屈折率層を有する平面基板と、該平面基板上に形成され高屈折率を有すると共に近接する少なくとも2本の矩形断面形状のコアと、該コアを覆うと共に低屈折率を有するクラッド膜とを備えた分岐導波路において、近接する2本のコア間に密閉された空隙を設けたことを特徴とする分岐導波路。

【請求項2】 低屈折率層を有する平面基板上に高屈折率を有するコア層を形成する工程と、ドライエッチング加工により上記コア層の不要部分を除去して近接する少なくとも2本のリッジ状のコアを形成する工程と、該コアを覆うように低屈折率のクラッド膜を形成する工程とを備えた分岐導波路の製造方法において、近接する2本のコア間に密閉された空隙を形成することを特徴とする分岐導波路の製造方法。

【請求項3】 上記コア層は、火炎堆積法、P-CVD法、電子ビーム蒸着法、スパッタリング法のいずれかの方法により形成される請求項2に記載の分岐導波路の製造方法。

【請求項4】 上記クラッド膜は、P-CVD法或いはスパッタリング法のいずれかの方法により形成される請求項2に記載の分岐導波路の製造方法。

【請求項5】 上記P-CVD法或いはスパッタリング法によるクラッド膜の形成は、クラッド膜の材料を供給する材料供給側に印加される電力に対して、基板側に供給される電力の比率を50%以下とし、材料供給側に印加される電力と基板側に供給される電力とを調整することにより上記空隙の大きさを制御する請求項2に記載の分岐導波路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、分岐導波路及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】導波路型の光デバイスは、複雑な光回路が同一基板上に一括して形成されるので、将来の光通信や情報処理のキーデバイスになる可能性がある。光回路は、用いられる光デバイスの機能に応じて各種形状の三次元導波路を組み合わせて一つの基板上に構成される。例えば光の伝搬方向を変換するための折れ曲がり導波路、曲がり導波路やS字導波路、モード変換なしに滑らかに導波路幅を広げるためのテーパ導波路、光パワー分割或いは光の合波・干渉用の分岐導波路、二つの導波路が相交わる交差導波路、二つの導波モードを結合させるための方向性結合器等が光回路に用いられる。これら導波路型光回路の構成要素の内、分岐導波路は導波路型の光変調器や光スイッチ、Y分岐を多段結合した1/Nスプリッタ並びに複数本の導波路をアレー状に近接配置したアレー導波路型光合分波器等に多用され、最も重要な要素となっている。

【0003】図5(a)は分岐導波路の従来例を示す平面図であり、図5(b)は図5(a)のA-A線断面図である(西原他、光集積回路、p11、1985)。

【0004】分岐導波路は、幅Wの単一モードの入力導波路3-1が、モード変換が生じることなく滑らかに導波路幅を広げるためのテーパ導波路3-2の入力端に接続され、テーパ導波路3-2の二つの出力端に幅Wの近接する2本の単一モードの出力導波路3-3、3-4がそれぞれ接続されたものである。

【0005】分岐導波路の分岐点($\angle=0$)では、入力導波路3-1中の導波モード6-1の波面に対して、出力導波路3-3、3-4中の導波モード6-2、6-3の波面が θ だけ傾斜している。分岐角 θ が大きくなると、波面の傾斜も大きくなり入力導波路3-1中の導波モード6-1と出力導波路3-3、3-4中の導波モード6-2、6-3の分岐点における電界分布同士の重なりが小さくなる。このとき、出力導波路3-3、3-4へ結合しない光パワーは放射モード6-4として基板1-1側へ漏れていく。この漏れ(損失)を一般に放射損失といい、分岐部で生じる本質的な損失とされている。

【0006】一方、分岐導波路を有する光回路は、例えば図6に示すようなプロセスにより製造される。図6(a)～図6(c)は従来の分岐導波路の製造方法を示す工程図である。

【0007】石英基板或いは石英ガラスの屈折率と同等の低屈折率層1-2を有するシリコン基板1-1上に SiO_2 - TiO_2 系材料或いは SiO_2 - GeO_2 材料からなるコア層9を火炎堆積法(P-CVD法、電子ビーム蒸着法或いはスパッタリング法)によって形成する(図6(a))。

【0008】ドライエッチング加工によりコア層9の不要部分を除去し、近接する2本のリッジ状のコア3-3、3-4を形成する(図6(b))。

【0009】再度、火炎堆積法やP-CVD法、スパッタリング法等の方法により SiO_2 - P_2O_5 - B_2O_3 系材料組成或いは純水 SiO_2 のクラッド膜5-4を形成することにより、埋め込み型の導波路が得られる(図6(c))。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した分岐導波路を含む光変調器や光スイッチ、1/Nスプリッタ、アレー導波路型光合分波器等の導波路型光デバイスには、低コスト化や一つの平面基板上に様々な機能素子を集積化することが要求されている。この要求を満足するには、これらのデバイスの構成要素である分岐導波路の小型化が必須条件である。分岐導波路の小型化のためには、分岐角度を大きくして分岐に要する長さを縮小しなければならない。

【0011】しかし、上述したように分岐角 2θ を増加すると、放射による損失が増加し、素子全体の損失特性

が劣化する。

【0012】これらの放射損失は、導波路幅 W を小さくして分岐点における導波モードの波面の傾斜効果を小さくするか、或いはコア3-3、3-4とクラッド膜5-4との間の屈折率差を大きくして光の閉じ込めを強くすることによって減少することができる。

【0013】しかし、導波路幅 W を小さくしたり、コア3-3、3-4とクラッド膜5-4との間の屈折率差を大きくすると、光ファイバ等との結合損失を増加させる要因になってしまう。

【0014】このため、放射及び結合等の損失を増加させずに小型の分岐導波路を構成する方法が望まれていた。

【0015】そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、低損失な分岐導波路及びその製造方法を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明の分岐導波路は、低屈折率層を有する平面基板と、平面基板上に形成され高屈折率を有すると共に近接する少なくとも2本の矩形断面形状のコアと、コアを覆うと共に低屈折率を有するクラッド膜とを備えた分岐導波路において、近接する2本のコア間に密閉された空隙を設けたものである。

【0017】上記構成に加え本発明の分岐導波路の製造方法は、低屈折率層を有する平面基板上に高屈折率を有するコア層を形成する工程と、ドライエッチング加工によりコア層の不要部分を除去して近接する少なくとも2本のリッジ状のコアを形成する工程と、コアを覆うように低屈折率のクラッド膜を形成する工程とを備えた分岐導波路の製造方法において、近接する2本のコア間に密閉された空隙を形成するものである。

【0018】上記構成に加え本発明の分岐導波路の製造方法におけるコア層は、火炎堆積法、P-CVD法、電子ビーム蒸着法、スパッタリング法のいずれの方法を用いて形成してもよい。

【0019】上記構成に加え本発明の分岐導波路の製造方法におけるクラッド膜は、P-CVD法或いはスパッタリング法のいずれの方法を用いて形成してもよい。

【0020】上記構成に加え本発明の分岐導波路の製造方法におけるP-CVD法或いはスパッタリング法によるクラッド膜の形成は、クラッド膜の材料を供給する材料供給側に印加される電力に対して、基板側に供給される電力の比率を50%以下とし、材料供給側に印加される電力と基板側に供給される電力とを調整することにより空隙の大きさを制御するのが好ましい。

【0021】本発明によれば、分岐開始部付近の近接する2本の導波路コア間に密閉された空隙を設けた構造となっているため、空隙とコアとの屈折率差を空隙が無い状態よりもはるかに大きくすることができる。このた

め、空隙を挟む2本のコアの光の閉じ込め効率が向上し、コア間に放射する光パワーを大幅に低減することができる。

【0022】すなわち、分岐部の放射損失を大幅に低減することができることから、分岐角度を大きくとることができ、光変調器や光スイッチ、1-Nスプリッタ、プレー導波路型光合分波器等の導波路型光デバイスの小型化が容易となる。特に、1-Nスプリッタにおいては、Nの数を増加できるメリットがある。

【0023】また、空隙を形成するに際し、近接する少なくとも2本のコアの上部とその間のギャップをオーバーハング状態で成長するクラッド膜によって封じ、ギャップ内への材料ガスの侵入を防止することにより、コア及びクラッド膜間に密閉された空隙を意図的にかつ容易に形成することができる。

【0024】さらに、空隙の大きさは成膜時の基板への印加バイアス電力及びガス圧力を調整することにより自由に変えることができる。

【0025】また、密閉された空隙はクラッド膜を形成する際に同時に形成することができるため、従来の分岐導波路の製造プロセスを大幅に変更する必要がない。従って性能向上と共に製品の製造コストを低く抑えることが可能である。

【0026】またさらに、空隙は密閉された空間であるため、異物や水分等の導波路特性を変動させる要因となるものの侵入を防止することができる。

【0027】尚、本発明の分岐導波路及びその製造方法は、分岐を有する全ての導波路型デバイスや近接する導波路を有する全ての導波路型デバイスに適用することが可能である。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を添付図面に基づいて詳述する。

【0029】図1(a)は本発明の分岐導波路の一実施の形態を示す平面図であり、1本の入力導波路にある角度を持って2本の出力導波路が接続された1×2分岐導波路である。図1(b)は図1(a)のB-B線断面図である。

【0030】Si基板1-1の上にはSiO₂。下側クラッド層1-2が形成されている。SiO₂。下側クラッド層1-2の上には入力導波路コア3-1と、入力導波路コア3-1の出力側に接続されたテーパ導波路コア3-2と、テーパ導波路コア3-2の出力側に接続され近接する2本の出力導波路コア3-3、3-4とが形成されている。これら入力導波路コア3-1、テーパ導波路コア3-2及び出力導波路コア3-3、3-4はSiO₂。上側クラッド膜5-1で覆われているが、出力導波路コア3-3と出力導波路コア3-4とが近接する部分(ギャップ)には、密閉された空隙(斜線部)4が形成されている。

【0031】 $\phi-1$ は入力導波路コア3-1を伝搬する光の電界強度分布、 $\phi-2$ 、 $\phi-3$ は出力導波路コア3-3、3-4を伝搬する光の電界強度分布をそれぞれ示している。

【0032】下側クラッド膜1-2及び上側クラッド膜5-1の屈折率は、波長0.633nmにおいて1.458、導波路コア3-1～3-4の屈折率は1.4696に設定されている。

【0033】ここで、密閉された空隙4の屈折率は略1に等しいため、近接する出力導波路コア3-3、3-4の界面における屈折率差はコア-クラッド間の屈折率差よりも大きくなる。従って、コア中への光閉じ込め効果の向上により、分岐点において入力導波路コア3-1中の導波モード $\phi-1$ は、2本の導波路コア間に放射されずに出力導波路3-3、3-4中の導波モード $\phi-2$ 、 $\phi-3$ として低損失に変換される構造になっている。

【0034】図2は本発明の分岐導波路の製造方法の一実施の形態を示す工程図である。

【0035】Si基板1-1上に、熱酸化により厚さ15 μ m、屈折率1.458のSiO₂膜を下側クラッド膜1-2として形成する。ついで、GeO₂を10mol%含むSiO₂-GeO₂材料をターゲットとしてRFスパッタリング法により、厚さ6 μ m、屈折率1.4696のコア膜を形成し、フォトリソグラフィ及びCHF₃ガスを用いた反応性イオンエッチングにより不要部分を除去してリッジ状のコア3-3、3-4を形成する。尚、本実施の形態では下側クラッド膜1-2としてSi基板の熱酸化膜を用いたが、Si基板1-1と熱酸化膜の下側クラッド膜1-2の代わりに石英基板を用いて基板そのものを下側クラッド膜としてもよい(図2(a))。

【0036】次に、SiO₂ガラス材料をターゲットとして、再度RFスパッタリング法によりコア3-3、3-4を覆うように上側クラッド膜5-1を形成する。このとき、基板温度は150℃以下の低温とし、スパッタガス圧力は0.3Pa以上とし、基板側に印加するバイアス電力をターゲット側に印加する電力の50%以下とする。すなわち、スパッタ原子を基板に対して斜めに入射しやすくし、スパッタ原子が基板上に到達した後、表面を移動することなく静止している条件で行う。このような条件では、リッジ状のコア3-3、3-4の上角部分の成膜比率が高くなり、成長する膜がオーバーハングとなる。このオーバーハング状の膜を成長させることでコア3-3、3-4のギャップ上部が閉鎖され、ギャップ内にスパッタ原子が侵入できなくなる。従って、ギャップ間に密閉された空隙4が形成される。

【0037】この空隙4の大きさは基板1-1側に印加するRFバイアスパワーと、ターゲットに印加するRFパワーとを制御することにより調整することができる。すなわち、基板1-1側に印加されるRFバイアスパワ

ーの比率を大きくするとオーバーハングの成長率が小さくなり、空隙4も小さくすることができる。また基板1-1側に印加されるRFバイアスパワーの比率を小さくするとオーバーハングの成長率が大きくなり、空隙4を大きくすることができる(図2(b))。

【0038】

【実施例】図1(a)に示した分岐導波路を、分岐角 2θ が5deg、Z方向の空隙の長さが50 μ mとなるように製作した結果、分岐損失が従来の空隙を有しない場合の1/2となり、低損失の分岐導波路が得られた。

【0039】ここで、空隙4の形成にはP-CVD法によることも可能である。この場合においてもガス圧力を高くし、原料ガス(材料)供給側の電極に印加する電力に対して、基板1-1側に印加する電力に対して、基板1-1側に印加する電力を50%以下とし、これらの電力を調整することにより、スパッタリング法による場合と同様に空隙4の大きさを調整することができる。

【0040】また、1/2分岐導波路は、多段接続することにより、図3に示すような1/Nスプリッタとしてもよい。すなわち、容易に小型、低損失の1/Nスプリッタを構成することができる。尚、図3は本発明の分岐導波路の他の実施例を示す平面図である。同図に示す破線で示す円7-1～7-7内の4-1～4-7は空隙をそれぞれ示している。この分岐導波路の入力導波路3aに矢印P₀方向の光が入射すると、分岐されて出力導波路3b～3iから矢印P₁～P₇方向に分岐光が出射する。

【0041】さらに、本発明の分岐導波路の構造は、光のエネルギーのみを分配する分岐導波路に限定されず、図4に示すような光の波長を選択的に分波するアレー型導波路素子にも適用できる。

【0042】このアレー型導波路素子は、入力導波路10と、入力導波路10に接続された入力側スラブ導波路11と、出力側スラブ導波路12と、両スラブ導波路11、12に接続された複数のチャネル導波路アレー13と、出力側スラブ導波路12に接続された出力導波路14とで構成されている。

【0043】このアレー型導波路素子は、多くの分岐導波路を有し、出力側スラブ導波路12に接続された出力導波路14にはそれぞれ異なった波長(λ_1 ～ λ_n)の光が分波されるようになっている。本発明の分岐導波路では、隣接する導波路間で互いに光の干渉が起こりにくい。このため、アイソレーションの優れた波長フィルタが実現できる。このように本発明は単にエネルギーを分配するだけでなく、波長も分波する等の目的で分岐導波路を有する全ての導波路型デバイスにも適用できる。

尚、図4(a)は本発明の分岐導波路の他の実施例を示す平面図であり、図4(b)は図4(a)のC-C線断面図である。尚、13a～13hはチャネル導波路アレー13の導波路コアを示し、4a～4gは空隙、5-3

はクラッド膜をそれぞれ示している

【0044】以上において、本発明によれば、分岐を有する導波路の分岐部に屈折率が略1の密閉された空隙を設けることにより、空隙がクラッド膜として機能し、導波路コアとギャップ部との屈折率差が大きくなり、光の閉じ込め効果が向上し、分岐損失や分岐特性の優れた種々の分岐導波路を実現できる。また、分岐角度を大きくできることから導波路型デバイスを小型化することができる。

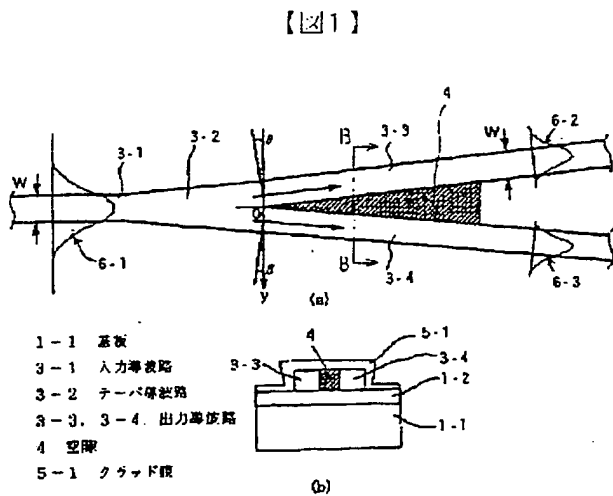
【0045】

【発明の効果】以上要するに本発明によれば、次のような優れた効果を発揮する。

【0046】分岐導波路の分岐部に、屈折率が略1の密閉された空隙を設けることにより、低損失な分岐導波路及びその製造方法の提供を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明の分岐導波路の一実施の形態を示す平面図であり、(b)は(a)のB-B線断面図である。



【図2】本発明の分岐導波路の製造方法の一実施の形態を示す工程図である

【図3】本発明の分岐導波路の他の実施例を示す平面図である。

【図4】(a)は本発明の分岐導波路の他の実施例を示す平面図であり、(b)は(a)のC-C線断面図である。

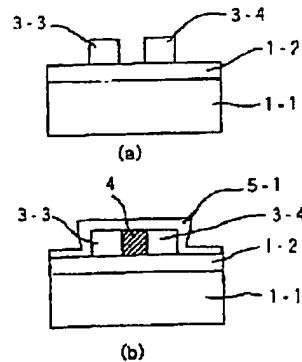
【図5】(a)は分岐導波路の従来例を示す平面図であり、(b)は(a)のA-A線断面図である。

【図6】(a)～(c)は従来の分岐導波路の製造方法を示す工程図である。

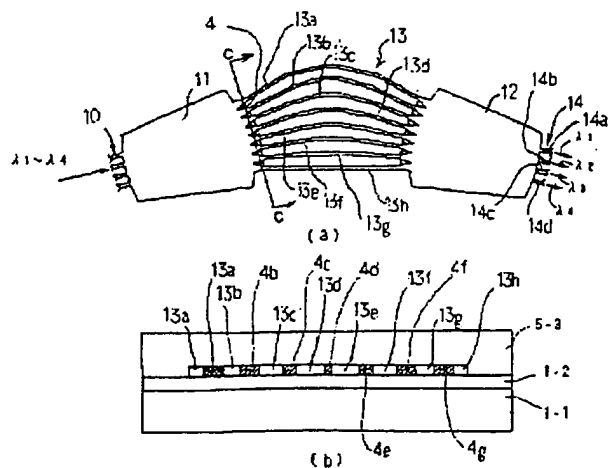
【符号の説明】

- 1-1 基板
- 3-1 入力導波路
- 3-2 テーパー導波路
- 3-3, 3-4 出力導波路
- 4 空隙
- 5-1 クラッド膜

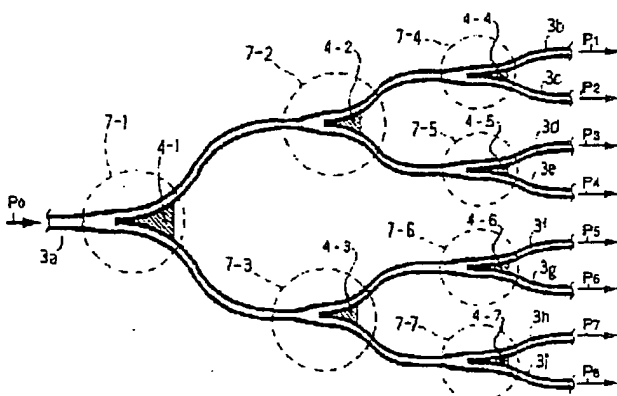
【図2】



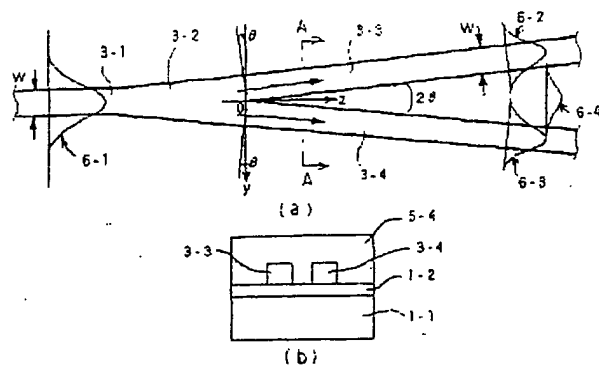
【図4】



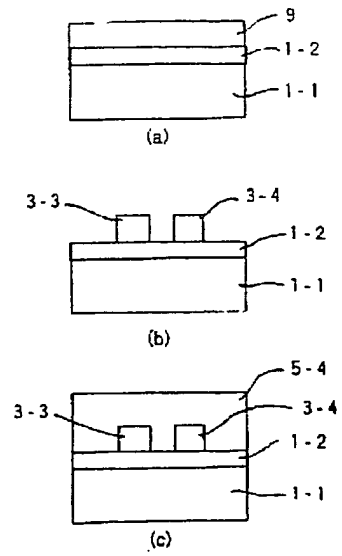
【図3】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 大平 健太郎
 茨城県上浦市木田余町3550番地 日立電線
 株式会社アドバンスリサーチセンタ内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.